

DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.4\(43\).2019.13](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.13)І. Б. Іваськевич<sup>1</sup>, В. Т. Бачинський<sup>1,2</sup>, О. Я. Ванчуляк<sup>1,2</sup>, О. Г. Паливода<sup>2</sup><sup>1</sup>Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет»  
Чернівці, Україна<sup>2</sup>Комунальна медична установа «Обласне бюро судово-медичної експертизи»  
м. Чернівці, УкраїнаI. B. Ivaskevych<sup>1</sup>, V. T. Bachynskyi<sup>1,2</sup>, O. Y. Vanchulyak<sup>1,2</sup>, O. H. Palyvoda<sup>2</sup><sup>1</sup>Higher State Educational Establishment of Ukraine «Bukovinian State Medical University»  
Chernivtsi, Ukraine<sup>2</sup>Municipal medical institution «Regional bureau of forensic expertise»  
Chernivtsi, Ukraine

# КАРТОГРАФУВАННЯ МАП АЗИМУТІВ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНИХ МІКРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ ОРГАНІВ ЛЮДИНИ У ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ОТРУЄНЬ ЕТАНОЛОМ ТА МОНООКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ

## Mapping of azimuths of polarization of laser microscopic images of histological sections of human organs in the differentiation of poisoning by ethanol and carbon monoxide

### Реферат

**Мета роботи.** Дана робота спрямована на дослідження та обґрунтування інформаційних можливостей об'єктивного методу поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин людини для встановлення та диференціації отруєнь  $C_2H_5OH$  та  $CO$ .

**Матеріали та методи.** Досліджували нативні гістологічні зрізи мозку, міокарда та наднирників від померлих внаслідок отруєння етанолом ( $n = 30$ ) та  $CO$  ( $n = 20$ ) із застосуванням лазерного поляриметра стандартної схеми з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів.

**Результати.** Було визначено статистичні моменти 1–4-го порядків методом поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин людини. Значення статистичних моментів 1–4-го порядків для тканини мозку при отруєнні  $C_2H_5OH$  та  $CO$  досягають відмінностей у 2–2,5 рази, для тканини міокарда – 2,2–2,9 рази, наднирників – 1,4–1,8 рази. Відповідно статистичні моменти 3-го та 4-го порядку володіють більшою чутливістю до виявлення та диференціації отруєнь,

### Abstract

**Purpose of the study.** This work is aimed at research and substantiation of information possibilities of objective method of polarization mapping of microscopic images of histological sections of human biological tissues for the establishment and differentiation of  $C_2H_5OH$  and  $CO$  poisoning.

**Materials and methods.** Native histological sections of the brain, myocardium and adrenal glands from ethanol poisoning ( $n = 30$ ) and  $CO$  ( $n = 20$ ) were investigated using a laser polarimeter of standard scheme. Subsequently, statistical processing of the obtained results was conducted.

**Results.** Statistical moments of 1–4th order were determined by the method of polarization mapping of microscopic images of histological sections of human biological tissues. The values of the statistical moments of the 1–4th order for brain tissue for  $C_2H_5OH$  and  $CO$  poisoning reach differences by 2–2,5 times, for myocardial tissue – 2,2–2,9 times, the adrenal glands – 1,4–1,8 times. Accordingly, the statistical moments of the 3rd and 4th order are more sensitive to the detection and differentiation of poisons, whereby the

при чому точність методу диференціальної діагностики отруєння  $C_2H_5OH$  і  $CO$  досягає хорошого рівня (~ 90%) при дослідженні гістологічних зрізів міокарда і мозку.

**Висновок.** Отриманні результати свідчать, що методика поляризаційного картографування мікроскопічних зображень біологічних тканин людини дає об'єктивну можливість достовірного встановлення та диференціації отруєнь  $C_2H_5OH$  і  $CO$ .

**Ключові слова:** лазерна поляриметрія, отруєння, етанол, монооксид вуглецю, судово медицина.

accuracy of the method of differential diagnosis of poisoning  $C_2H_5OH$  and  $CO$  reaches an adequate level (~ 90%) in the study of histological sections of the myocardium and brain.

**Conclusion.** The obtained results show that the method of polarization mapping of microscopic images of human biological tissues gives an objective possibility of reliable establishment and differentiation of  $C_2H_5OH$  and  $CO$  poisoning.

**Keywords:** laser polarimetry, poisoning, ethanol, carbon monoxide, forensic medicine.

## ВСТУП

Отруєння етанолом – одне з найбільш частих побутових отруєнь в багатьох країнах світу. Нерідко алкогольна інтоксикація може виступати в якості основної та єдиної причини смерті. В свою чергу, отруєння монооксидом вуглецю є найпоширенішим з отруєнь газоподібними сполуками в країнах з холодним кліматом, наприклад, в житлових і промислових приміщеннях з пічним опаленням. У практиці судово-медичного експерта часто зустрічається поєднання інтоксикацій монооксидом вуглецю та алкоголем. Так як, зазвичай, немає характерних морфологічних проявів, що виникають в організмі людини конкретно при дії цієї комбінації токсичних речовин, а також в силу впливу супутніх зовнішніх та внутрішніх факторів, виникають проблеми діагностики та диференціації причин смерті. Все вище вказане призводить до того, що одне лише виявлення в біологічних субстратах етанолу та монооксиду вуглецю, в ряді випадків теж не може служити безумовною гарантією діагностики смерті від отруєння. Подібні проблеми також виникають у випадках одночасної дії кількох токсичних речовин, у поєднанні із впливом факторів іншої природи, а також в ситуаціях, коли отруйна речовина провокує загострення наявних соматичних захворювань.

На даний час основним критерієм діагностики отруєння етанолом та  $CO$  залишається лабораторне їх виявлення в біологічних субстратах, що викликає великий інтерес у науковців і стимулює їх до розробки та впровадження нових, сучасних методик діагностики отруєнь.

Новим кроком стало застосування і розвиток лазерних поляриметричних методів мікроскопічного дослідження оптико-неоднорідних біологічних структур з використанням статистичного аналізу цифрових результатів [1–5]. На їх основі визначено прямі взаємозв'язки між набором статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують полікристалічну структуру гістологічних зрізів біологічних тканин і координатними розподілами (поляризаційні мапи) величини азимутів і еліптичності поляризації їхніх лазерних зображень [6–8].

## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дана робота спрямована на дослідження та обґрунтування інформаційних можливостей об'єктивного методу поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин людини для диференціації отруєнь етанолом та  $CO$ .

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Забір біологічних зразків проводився у приміщенні комунальної медичної установи «Обласне бюро судово-медичної експертизи» Департаменту охорони здоров'я Чернівецької обласної державної адміністрації при змішаному освітленні, температурі повітря +18–22 °C і відносній вологості 60–75%. Нативні гістологічні зрізи мозку, міокарда і наднирників від померлих внаслідок отруєння  $CO$  ( $n = 20$ ) та етанолом ( $n = 30$ ) в подальшому досліджували лазерними поляризаційними методиками для виявлення можливості встановлення та диференціації  $C_2H_5OH$  та  $CO$  отруєння.

На рисунку 1 представлена схема лазерного поляриметра, за допомогою якого проводили поляризаційне картографування цифрових мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів органів людини [9].

Опромінювання біологічних зразків проводилося паралельним (діаметр поперечного перерізу  $\varnothing = 2 \times 10^3 \mu m$ ) пучком He-Ne лазера ( $\lambda = 0,6328 \mu m$ ). Формування станів поляризації опромінювача здійснюється за допомогою чвертьхвильових пластинок. Мікроскопічні зображення біологічних зразків за допомогою поляризаційного мікрооб'єктиву проєктувалося у площину світлочутливої площадки ( $m \times n = 1280 \times 960$  пікселів) CCD-камери. Аналіз зображень біологічних зразків здійснювався, за допомогою поляризатора і аналізатора.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Вимірювання величини азимута поляризації проводилось шляхом обертання площини пропускання поляризатора-аналізатора на кути

від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , відповідно. При цьому послідовно (для кожного локального пікселя цифрової

камери) вимірювались сигнали  $I_{\min}$  з таким обчисленням значення азимута поляризації

$$\alpha_{\min} = (\Theta_{\min} + 90^\circ)$$

Тут  $\Theta_{\min}$  – кут обертання площини пропускання поляризатора, при якому сигнал мінімальний  $I_{\min}$ .

Двомірні розподіли величини азимута поляризації  $\alpha(x,y)$  та гістограми  $N(\alpha)$  їх випадкових значень, що обчислені для мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих від отруєння  $C_2H_5OH$  (1) і CO (2) наведені на рисунку 2.

Аналіз експериментально виміряних поляризаційних мап  $\alpha(x,y)$  мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку виявив оптичну анізотропію нервової тканини в обох випадках. Кількісно на даний факт вказує достатньо широкий діапазон зміни величини азимута поляризації у структурі гістограм  $-50^\circ \leq \Delta\alpha \leq 50^\circ$ .

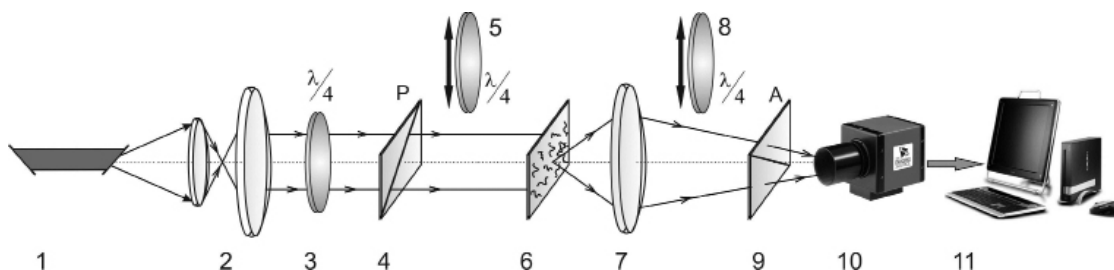


Рис. 1. Оптична схема Стокс-поляриметра: 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чвертьхвильова пластинка; 5, 8 – механічно рухомі чвертьхвильові пластинки; 4, 9 – поляризатор і аналізатор; 6 – біологічний шар; 7 – поляризаційний мікрооб'єктив; 10 – CCD камера; 11 – персональний комп'ютер

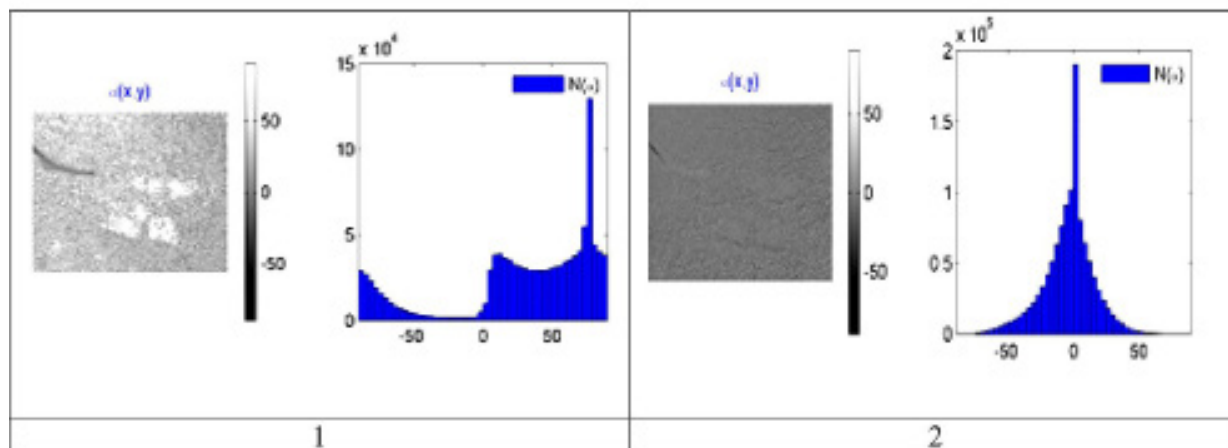


Рис. 2. Поляризаційна та статистична структура мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку

Статистичні прояви оптичної активності зразків тканини мозку для різних типів отрує-

ня ілюструє сукупність значень статистичних моментів 1–4-го порядків:

$$C_2H_5OH - M_1^a = 0,16; M_2^a = ,31; M_3^a = 0,21; M_4^a = 0,45;$$

$$CO - M_1^a = 0,09; M_2^a = 0,17; M_3^a = 0,52; M_4^a = 0,85.$$

Як видно, відмінності між статистичними параметрами досягають 2 – 2,5 рази.

Для CO отруєння має місце більш виразний характер некротичних змін, які призводять до деструкції оптичної анізотропії. Тому для відповідних зразків зменшується величина середнього і дисперсії у порівнянні з даними  $C_2H_5OH$  отруєння. Асиметрія та ексцес розпо-

ділів величини азимута поляризації, навпаки зростають. Аналогічні закономірності виявлені і для поляризаційного картографування зразків гістологічних зрізів міокарда (рис. 3) і наднирників (рис. 4).

Сукупність значень статистичних моментів 1–4-го порядків для зразків тканини міокарда при різних типах отруєння:

$$C_2H_5OH - M_1^a = 0,13; M_2^a = 0,23; M_3^a = 0,32; M_4^a = 0,54;$$

$$CO - M_1^a = 0,06; M_2^a = 0,11; M_3^a = 0,65; M_4^a = 1,58.$$

Як видно відмінності між статистичними параметрами досягають 2,2–2,9 рази.

Сукупність значень статистичних моментів

$$C_2H_5OH - M_1^a = 0,22; M_2^a = 0,28; M_3^a = 0,27; M_4^a = 0,35;$$

$$CO - M_1^a = 0,16; M_2^a = 0,17; M_3^a = 0,41; M_4^a = 0,62.$$

Отримані результати показують, що відмінності між статистичними параметрами досягають 1,4–1,8 рази.

1–4-го порядків для зразків тканини наднирників при різних типах отруєння:

Інформативність методу поляризаційного картографування зразків біологічних тканини людини при отруєннях етанолом та CO ілюструє таблиця 1.

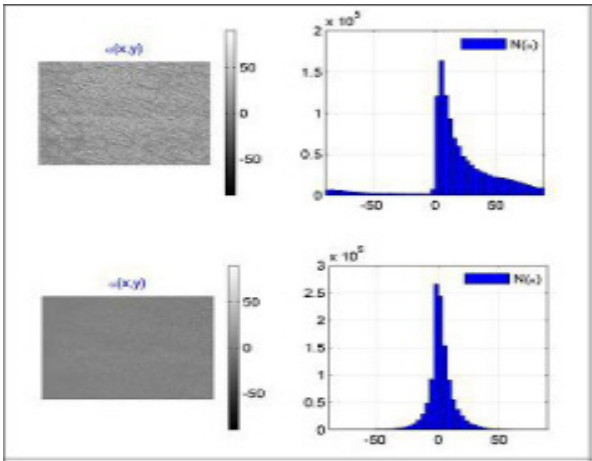


Рис. 3. Поляризаційна та статистична структура мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда

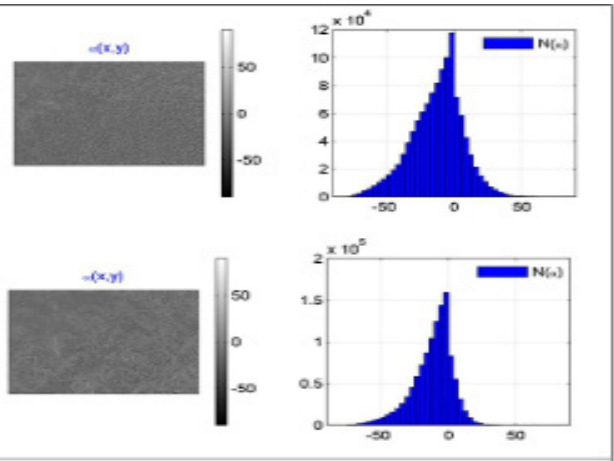


Рис. 4. Поляризаційна та статистична структура мікроскопічних зображень гістологічних зрізів наднирників

Таблиця 1

Операційні характеристики сили методу поляризаційного картографування лазерних гістологічних зрізів тканини мозку, міокарда та наднирників при отруєннях етанолом та CO

Тканина мозку	Параметри	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$
	Чутливість Se, %	76	82	88	89
	Специфічність Sp, %	72	78	83	86
	Точність Ac, %	74	80	85,5	87,5
Тканини міокарда	Параметри	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$
	Чутливість Se, %	78	86	92	90
	Специфічність Sp, %	76	83	88	86
	Точність Ac, %	77	84,5	90	88
Тканина наднирників	Параметри	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$
	Чутливість Se, %	64	62	70	78
	Специфічність Sp, %	60	58	66	74
	Точність Ac, %	62	60	68	76

Одержані результати показують, що найбільш інформативними для диференціальної діагностики причини отруєння виявилися рішення, визначенні на основі обчислення величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують асиметрію та ексцес розподілів величини азимута поляризації цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда і мозку.

Точність методу диференціальної діагностики  $C_2H_5OH$  і CO отруєння шляхом поляризаційного картографування розподілів величини азимутів поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда і мозку досягає хорошого рівня – 90% . В свою чергу для зразків наднирників точність методу диференціальної діагностики  $C_2H_5OH$  і CO отруєння незадовільна і не перевищує рівня – 75% .



## ВИСНОВКИ

1. У межах статистичного аналізу досліджено структуру поляризаційних мап азимутів цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку, міокарда і наднирників померлих від отруєння  $C_2H_5OH$  і  $CO$  та встановлено найбільш чутливі до причини отруєння статистичні параметри – статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують розподіли величини

азимута поляризації мікроскопічних зображень зразків органів людини.

2. Визначено операційні характеристики сили (чутливість, специфічність, точність) діагностичного тесту поляризаційного картографування розподілів величини азимутів поляризації цифрових мікроскопічних зображень біологічних тканин та встановлено, що найбільш підходящими для дослідження при отруєннях  $C_2H_5OH$  і  $CO$  є мозок та міокард людини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Abdukarimov AB, Iskandarov AI. Features of forensic toxicometry of acute carbon monoxide poisoning combined with alcohol intoxication. Sudebno-medicinskaja jekspertiza. 2010; 1: 30–33.

2. Wang X, Yao G, Wang L-H. Monte Carlo model and single-scattering approximation of polarized light propagation in turbid media containing glucose. Appl Opt. 2002; 41: 792–801. <https://doi.org/10.1364/AO.41.000792>

3. Ushenko AG. Poljarizacionnaja struktura biospeklov i depoljarizacija lazernogo izluchenija. Opt i spektr. 2000; 89 (4): 651–654.

4. Shulian J, Lihong VW. Two-dimensional depth-resolved Mueller matrix of biological tissue measured with double-beam polarization-sensitive optical coherence tomography. Opt Lett. 2002; 27: 101–103. <https://doi.org/10.1364/OL.27.000101>.

5. Ushenko AG. Polarization structure of

scattering laser fields. Optical Engineering. 1995; 34 (4): 1088–1093.

6. Angelsky OV, Burkovets DN, Kovalchuk AV et al. Fractal description of rough surfaces. Appl Opt. 2002; 41 (22): 4620–4629. <https://doi.org/10.1364/AO.41.004620>.

7. Dennis MR. Polarization singularities in paraxial vector fields: morphology and statistics. Opt Commun. 2002; 213: 201–221. [https://doi.org/10.1016/S0030-4018\(02\)02088-6](https://doi.org/10.1016/S0030-4018(02)02088-6).

8. Pishak VP, Ushenko OH, Anhel'skyi OV et al. Lazerna poliarymetrychna diahnostryka v biolohii ta medytsyni. Chernivtsi: Medakademiia, 2000; 305.

9. Ushenko YO, Istratiy VV, Balanetska VO et al. Phase maps for networks of polycrystalline human biological liquids: Statistical and fractal analyses. Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics. 2010; 13 (3): 240–247.

*Стаття надійшла до редакції 15.10.2019*